

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroniky

Zařízení pro desulfataci olověných akumulátorů

Lead – Acid Battery Desulfator

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Dominik Machů**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612R003 Aplikovaná elektronika
Téma: **Zařízení pro desulfataci olověných akumulátorů**
Lead-Acid Battery Desulfator

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní principy nabíjení a vybíjení olověných akumulátorů s ohledem na výskyt sulfatace článků.
2. Realizujte zařízení pro desulfataci článků olověného akumulátoru.
3. Na vytipovaných akumulátorech ověřte funkčnost zařízení a proveďte měření vybíjecích charakteristik.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího závěrečné práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2015

Teej



Gm

doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Zařízení pro desulfataci olověných akumulátorů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Ostravě dne 7. 5. 2015

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Palackému, Ph.D. , za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Ostravě dne 7. 5. 2015

.....

Podpis autora

Abstrakt

Tato práce je zaměřená především na výrobu zařízení pro desulfataci olověných akumulátorů a ověření jeho funkce. V úvodní části jsou popsány různé metody nabíjení a vybíjení všech druhů akumulátorů a s tím související sulfatace akumulátorů. Druhá část je zaměřena na samotnou výrobu zařízení a popis jeho funkce. Poslední část se zaměřuje na ověření funkčnosti zařízení na daných typech akumulátorů.

Klíčová slova

Vybíjení akumulátoru. Nabíjení akumulátoru. Olověný akumulátor. Desulfatace. Sulfatace.

Abstract

This work is especially focused on the production of equipment for desulphated lead-acid batteries and verification its function. The introductory section describes the different methods of charging and discharging of all types of batteries and related battery sulfation. The second part focuses on actual production equipment and a description of its function. The last section focuses on verifying the functionality of the device types of batteries.

Key words

Discharge battery. Charge battery. Lead-acid battery. Desulphation. Sulfation.

Seznam použitých symbolů a zkratek

AGM	označení pro elektrolyt nasáknutý v separátorech a částečně také v elektrodách
C	kondenzátor
D	dioda
DPS	deska plošného spoje
H	vodík
H_2O	voda
H_2SO_4	kyselina sírová
I	proud
IC1	obvod zajišťující ochranu proti tepelnému poškození
IC2	obvod zajišťující spínání a vypínání zařízení v předem nadefinovaném rozsahu
L	cívka
LED	polovodičová součástka vyzařující světlo
NE555	obvod řídící výkonovou část zařízení
NTC1	termistor
O	kyslík
Pb	olovo
PbO_2	oxid olovičitý
$PbSO_4$	síran olovnatý
R	rezistor
t	čas
T	tranzistor
V	napětí
VRLA	označení pro ventilem řízené akumulátory

Obsah

1. Úvod	1
2. Základní principy nabíjení a vybíjení olověných akumulátorů s ohledem na výskyt sulfatace článků	2
2.1. Nabíjení akumulátoru se zaplavenými elektrodami	2
2.1.1. Tři základní nabíjecí charakteristiky	4
2.1.1.1. Napěťová charakteristika	4
2.1.1.2. Proudová charakteristika	4
2.1.1.3. Výkonová charakteristika	5
2.1.1.4. Speciální charakteristika	5
2.1.1.5. Nabíjením pulzním napětím	5
2.2. Nabíjení VRLA akumulátorů	6
2.3. Nabíjení VRLA akumulátoru s vázaným elektrolytem AGM (Absorbed Glass Mat.)	6
2.4. Další důležité faktory při nabíjení akumulátorů	7
2.4.1. Teplotní kompenzace	7
2.4.2. Udržovací nabíjení (udržovací proud)	7
2.5. Vybíjení akumulátoru a vznik sulfatace	8
2.5.1. Příklad poškození funkčních ploch akumulátoru	8
2.6. Eliminace sulfatace	9
2.6.1. Prevence před výskytem sulfatace	9
3. Výroba zařízení pro desulfataci článků olověného akumulátoru	11
3.1. Funkce zařízení	11
3.2. Výroba zařízení	12
4. Ověření funkčnosti zařízení a provedení vybíjecích charakteristik VRLA akumulátorů (VRLA 4,5Ah 12V ; VRLA 12Ah 12V)	15
4.1. VRLA akumulátor 4,5Ah 12V	15
4.1.1. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 13V	15
4.1.2. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 14V	17
4.2. VRLA akumulátor 12Ah 12V	18
4.2.1. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 13V	18
4.2.2. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 14V	19
5. Závěr	20
6. Literatura	21
7. Seznam příloh	22

1. Úvod

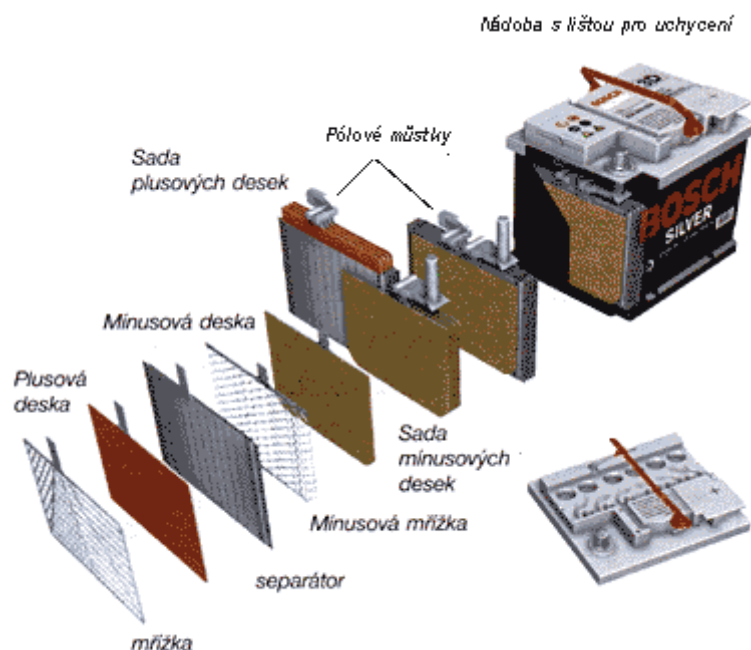
Obsah práce je primárně zaměřen na realizaci zařízení pro desulfataci článků olověného akumulátoru a následné ověření funkčnosti na předem vytipovaném akumulátoru, provedením vybíjecích charakteristik.

Celá práce je členěna do tří kapitol, z nichž první část je zaměřena na seznámení s obecnými vlastnostmi akumulátoru při nabíjení a vybíjení. Druhá část je zaměřena na samotnou realizaci a popis funkce zařízení pro desulfataci článků olověného akumulátoru. Třetí část rozebírá ověření funkčnosti zařízení na vytipovaných akumulátorech pomocí měření vybíjecích charakteristik.

2. Základní principy nabíjení a vybíjení olověných akumulátorů s ohledem na výskyt sulfatace článků

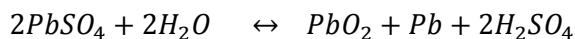
Olověný akumulátor v současné době je nejpoužívanějším sekundárním zdrojem. Používá se v široké škále aplikací, což vysvětluje jejich přijatelnou cenovou dostupnost, spolehlivost a dobrý výkon. První takový akumulátor vyrobil r. 1859 francouzský badatel Gaston Planté.

2.1. Nabíjení akumulátoru se zaplavenými elektrodami



Obr. 1: Konstrukce akumulátoru se zaplavenými elektrodami

Pro nabíjení a vybíjení platí tyto chemické reakce:



(směr šipky vpravo značí pochod při nabíjení a vlevo při vybíjení)

H_2SO_4 = kyselina sírová

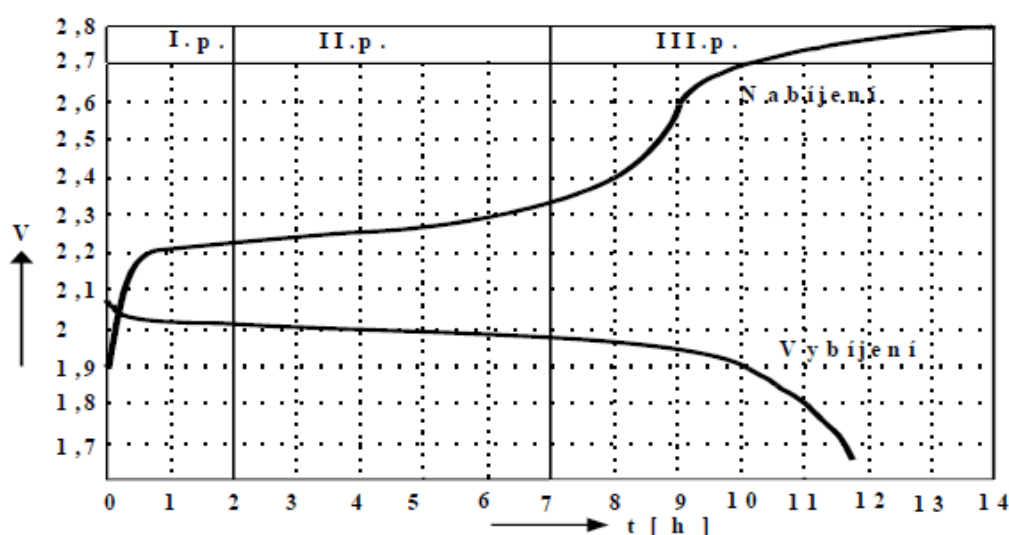
$PbSO_4$ = síran olovnatý

H_2O = voda

Pb = olovo

PbO_2 = oxid olovičitý

Při nabíjení olověného akumulátoru stoupá jeho svorkové napětí ve třech pásmech. V prvním pásmu se začíná tvořit kyselina sírová v pórech olověných desek nebo-li v mřížkách. Napětí stoupá na cca 13,2 V a hustota elektrolytu se zvyšuje až na 1,15 g/cm³. V druhé fázi nabíjení pokračuje přeměna síranu olovnatého až na hodnotu 14,7 V. Zde už je hustota elektrolytu na 1,25 g/cm³. Další fáze nastává při překročení hodnoty 14,7 V, kde se začne kromě síranu olovnatého rozkládat voda na kyslík a vodík. Akumulátor začne tzv. „bublat“. Následně až se rozloží veškerý síran olovnatý, dosáhne svorkové napětí hodnoty 16,2 až 16,8 V a hustota elektrolytu bude 1,28 g/cm³. Akumulátor dále „buble“ ale dále se jeho napětí již nezvyšuje. Všechna dodávaná energie z nabíječky nebo ze zdroje je spotřebována k rozkladu vody na kyslík a vodík. Ale pokud nám akumulátor začne „bublat“ při napětí menším jak 14,4 V je to prvním náznakem, že akumulátor je ve stádiu sulfatace. Z toho plyne čím nižší napětí tohoto jevu, tím vyšší sulfatace.



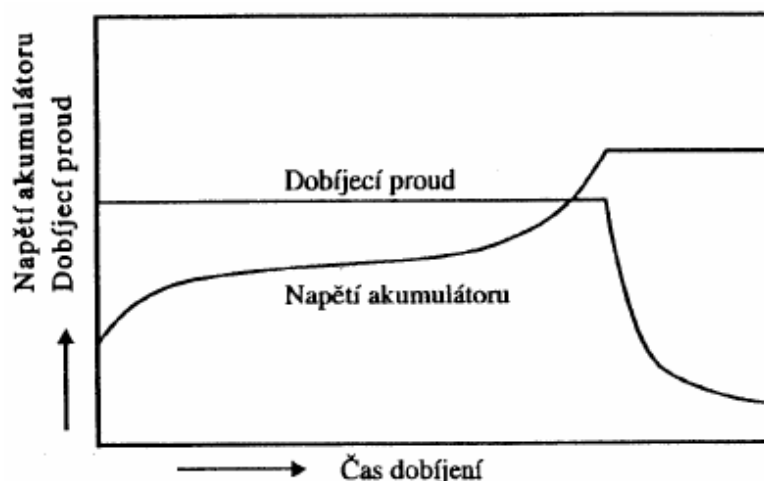
Obr. 1 : Vybití a nabíjecí křivka olověného akumulátoru na jeden článek

Jakmile máme akumulátor nabitý a připojíme k němu spotřebič, klesne jeho napětí rychle na hodnotu cca 12,7 V a hustota elektrolytu postupně klesá, což značí rozklad kyseliny sírové. Vzniká voda a na povrchu elektrod vzniká síran olovnatý. Pochopitelně nám klesá i svorkové napětí. V momentě kdy svorkové napětí klesne na 10,5 V, bude hustota elektrolytu dosahovat hodnot 0,95 g/cm³. Tuhle hodnotu považujeme za hluboké vybití akumulátoru. Takové hluboké vybití se nedoporučuje, protože zkracuje životnost, vede k rychlé sulfataci, vzrůstu vnitřního odporu a vyčerpání elektrolytu až do selhání akumulátoru.

2.1.1. Tři základní nabíjecí charakteristiky

2.1.1.1. Charakteristika napět'ová

Princip charakteristiky spočívá v nabíjení konstantním napětím. Hodnota napětí, kterou potřebujeme, nastává v momentě, kdy akumulátor začne při nabíjení „bublat“, tedy hodnota cca 14,7V (záleží na stavu daného akumulátoru). Po připojení nabíječky nastavenou na tuhle hodnotu začínáme nabíjení značně velkým proudem (hodnota proudu je ještě závislá na hloubce vybití akumulátoru tzn. čím značnější hloubka vybití tím, můžeme zvolit vyšší proud ovšem s omezením max. 0,5 až 1x násobek jmenovité kapacity). Dále při nabíjení je dáno, že čím vyšší svorkové napětí, tím klesá nabíjecí proud (na konci nabíjení dosahuje proud 0,002 násobku jmenovité kapacity). Důležité při tomto typu nabíjení hlídat teplotu elektrolytu ihned ze začátku z důsledku vysokého nabíjecího proudu. Doporučená hodnota, kterou by neměl překročit je 40 °C. Výhodou tohoto nabíjení je rychlost nabíjení a určitá volnost ke konci nabíjení jelikož ke konci tohoto procesu již nabíjíme malým proudem a můžeme si dovolit i několika hodinové přebíjení.

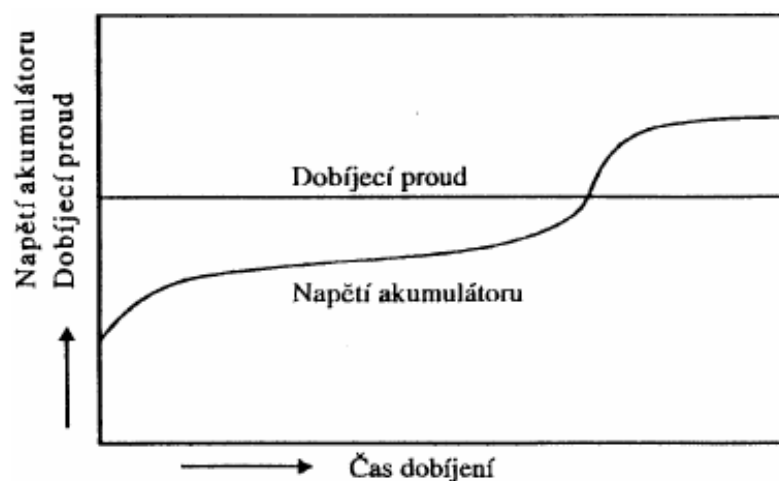


Obr. 2 : Charakteristika nabíjení konstantním napětím

2.1.1.2. Charakteristika proudová

Princip této charakteristiky spočívá v nabíjení konstantním proudem. Hodnota proudu se nastavuje zpravidla na 0,08 až 0,1 násobek jmenovité kapacity akumulátoru. Rozdíl při tomhle nabíjení je hlavně počáteční rychlost nabíjení. U nabíjení konstantním napětím jsme měli za 2 hodiny akumulátor nabit na nějakých 80%. Naopak u nabíjení s konstantním proudem budeme mít za 2 hodiny akumulátor nabit jen z 20%.

Výhodou je, že si můžeme snadno vypočítat dodaný náboj. Nevýhodou je hrozící značné přebíjení a rychlé zničení akumulátoru. Nejlépe při tomhle dobíjení používat nabíječku vybavenou funkcí hlídání plně nabitého stavu nebo aspoň časovým spínačem.



Obr. 3 : Charakteristika nabíjení konstantním proudem

2.1.1.3. Charakteristika výkonová

Princip této charakteristiky spočívá v nabíjení se zvyšujícím se napětím a klesajícím proudem. V průběhu procesu na nabíječe stoupá napětí a díky tomu se zvyšuje svorkové napětí akumulátoru a klesá nabíjecí proud (klesá pozvolna). Výhodou je rychlé nabíjení, protože nabíječka pracuje s poměrně velkými proudy v průběhu celého procesu nabíjení.

2.1.1.4. Speciální charakteristiky

V praxi u různých nabíječek se samozřejmě můžeme setkat i s různými druhy nabíjecích charakteristik. Ovšem, že tyto typy jsou už jen kombinací výše uvedených typů charakteristik. Např. se můžeme setkat s charakteristikou „IU“. Princip dané charakteristiky spočívá v nabíjení s konstantním proudem a po dosažení stavu, kdy akumulátor začne „bublat“ přechází nabíječka na nabíjení konstantním napětím.

2.1.1.5. Nabíjení pulzním napětím

Další možností je nabíjení pulzním napětím. Zpravidla jednocestně usměrněným a nevyhlazeným proudem. Princip spočívá v tom, že v kladné půlvlně dochází k nabíjení a v záporné půlvlně částečnému vybíjení proudem o velikosti 1/10 nabíjecího proudu. Vybíjecí proud má jisté depolarizační účinky a zvyšuje tak nepatrně účinnost nabíjení. Tato funkce působí pozitivně na zanedbaný (sulfatovaný) akumulátor, který tímto způsobem můžeme oživit.

2.2. Nabíjení VRLA akumulátoru



Obr. 4: VRLA akumulátor 4,5Ah 12V

Zkratka VRLA (Valve Regulated Lead Acid) nám říká, že se jedná o akumulátor řízený ventilem. Ventil zabráňuje úniku aerosolu H_2SO_4 a k udržení přetlaku plynů nacházejících se uvnitř akumulátoru. Od akumulátorů se zaplavenými elektrodami se odlišují hlavně tím, že elektrolyt je ve formě volné kapaliny, která je znehybněna. Tudiž mohou pracovat v poloze jak dnem dolů, tak i dnem vzhůru. U VRLA akumulátorů je značně snižena elektrolyza vody a koná se v ní efektivní rekombinace plynů. Elektrody jsou konstruovány tak, aby se omezila elektrolyza vody a zmenšilo se samovybíjení.

U VRLA akumulátorů je jedno zásadní pravidlo a to, že napětí na svorkách nabíječky nesmí překročit napětí 14,4V (vyšší napětí můžeme připustit jenom pro oživení akumulátoru po krátkou dobu). V opačném případě si zkracujeme životnost akumulátoru. Abychom tomuto zamezili tak se u těchto typů akumulátorů využívá nabíjecí charakteristika „IU“ tzn. začínáme s konstantním proudem 0,1 jmenovité kapacity akumulátoru. Po dosažení 14,1 až 14,4V přepínáme na nabíjení s konstantním napětím o velikosti 14,1 až 14,4V. Pokud nemáme inteligentní nabíječku, nabíjíme akumulátor s konstantním napětím do 14,4V.

2.3. Nabíjení VRLA akumulátoru s vázaným elektrolytem AGM (Absorbed Glass Mat.)

V tomto případě je elektrolyt nasáknut v separátorech a částečně také v elektrodách. Tento typ se odlišuje od obyčejných VRLA akumulátorů nižším vnitřním odporem, ale také nižší životností.

Tady je proces nabíjení shodný s předchozím typem s jediným rozdílem, že při nabíjení nesmíme překročit hodnotu napětí na svorkách nabíječky 14,6V.

Hodnoty AGM akumulátoru při různém stavu nabití:

12,8 V = 100%

12,5 V až 12,6 V = 75%

12,2 V až 12,3 V = 50%

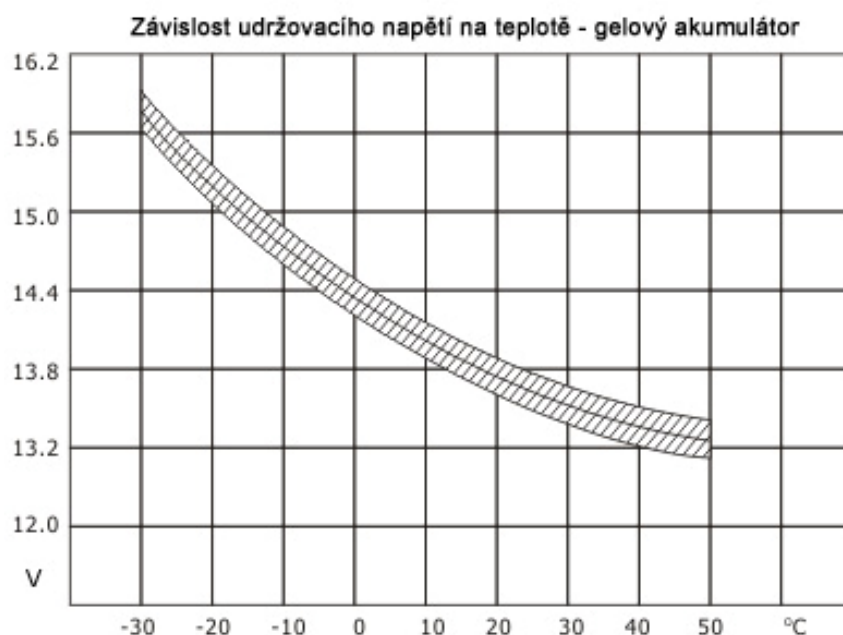
12,0 V až 12,1 V = 25%

11,8 V a níž = vybitý

2.4. Další důležité faktory při nabíjení akumulátoru

2.4.1. Teplotní kompenzace

Dalším faktorem při nabíjení je teplotní kompenzace. Udávaná napětí na svorkách jsou většinou udávaná pro 25 °C. Pro přesnost si můžeme přepočítat teplotní odchylku, přičemž čím nižší teplota, tím vyšší napětí a opačně. Můžeme uvažovat, že na každých 10 °C teplotní odchylky upravíme dobíjecí napětí o cca 0,3V.



Obr. 5: Závislost udržovacího napětí na teplotě u VRLA akumulátorů

2.4.2. Udržovací nabíjení (udržovací proud)

Spočívá v tom, že udržujeme plně nabitý akumulátor v nabitém stavu nízkým proudem řádově miliampér (záleží na typu akumulátoru). Tohoto nejvíce využíváme při zimních měsících, kdy se teploty pohybují nízko, kdy se klesá nabíjecí napětí, které nemusí dosahovat požadované hodnoty pro nabíjení.

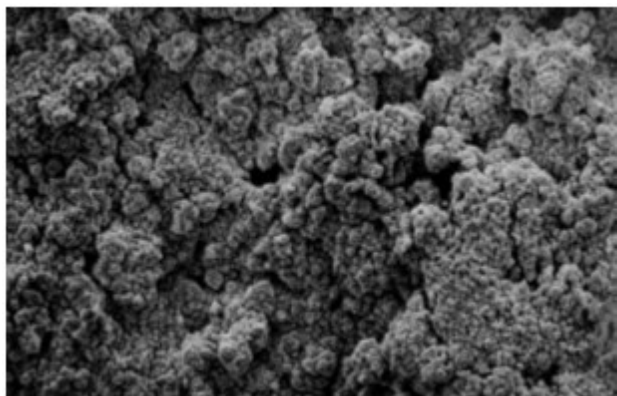
2.5. Vybíjení akumulátoru a vznik sulfatace

Při vybíjení vzniká chemická reakce, při níž vzniká síran olovnatý (PbSO_4) na mřížkách akumulátoru v podobě jemných krystalků, které se při pokročilejším stádiu sulfatace mění ve větší. Tyhle sírany (sulfáty) svým povlakem snižují funkční plochu v akumulátoru a tím snižují její kapacitu a zvyšují jeho vnitřní odpor. Další problém těchto sulfátů jsou, že mají větší objem než funkční hmoty. Důsledkem tohoto jevu dochází k mechanickému namáhání článků, postupnému oddělování a vymizení funkčních ploch.

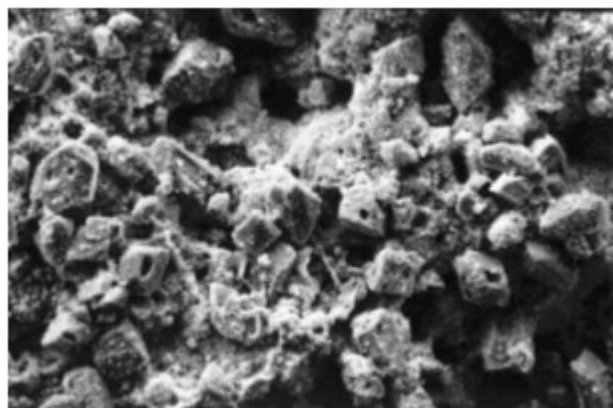
K nejvýraznějšímu projevení výše popsaných situací dochází při nedobíjení akumulátoru. Velké krystaly PbSO_4 nejsou redukovány a dále jen narůstají nebo když je akumulátor ve stavu hlubokého vybití.

První náznak sulfatace je jednoznačně snížení kapacity, tudíž akumulátor při zatížení konstantní zátěží vydrží méně než je jeho kapacita udávaná v technické dokumentaci. Další aspektem je vyšší teplota elektrolytu při nabíjení. Články začínají „bublat“ brzy po zahájení nabíjení. Prevenci sulfatace je pravidelné dobíjení nebo udržování akumulátoru na stále hodnotě malým udržovacím proudem i za situace, kdy akumulátor není v provozu.

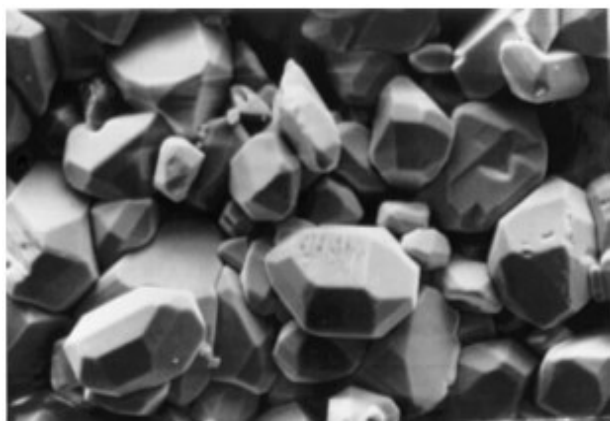
2.5.1. Příklad poškození povrchu funkčních hmot sulfatací



Obr. 6 : Povrch aktivních hmot na elektrodě akumulátoru bez známek sulfatace. 550 x zvětšeno



Obr. 7 : Povrch aktivních hmot na elektrodě akumulátoru s počínající sulfatací. 550 x zvětšeno



Obr. 8 : Masivní sulfatace, aktivní hmoty zcela překryly krystaly síranu olovnatého. 550 x zvětšeno

2.6. Eliminace Sulfatace

K eliminaci sulfatace můžeme docílit kteroukoliv „chytrou“ impulzní nabíječkou. Princip spočívá v tom, že nabíječka využívá UI charakteristiku. Nabíjecí proud se tedy snižuje s rostoucím napětím. Jakmile nabíjecí proud spadne pod mezní hodnotu, zahájí nabíječka proces pulzního nabíjení. Jak již při nabíjení nebo ve stavu udržovacího nabíjení využívá krátkých proudových impulzů a tím odstraňuje síran olovnatý z elektrod akumulátoru. Účinek daného procesu je tím větší, čím déle jej necháme pracovat. Tudíž čím vyšší sulfatace či poškození akumulátoru se zdá být, tím vyšší by měla být desulfatační doba.

Další možností eliminace tohoto jevu je pomocí chemických prostředků. Do této skupiny patří zejména roztok EDTA (organická sloučenina – kyselina ethylendiamintetraoctová a její soli), který funguje tak, že po aplikování roztoku do jednotlivých článků zesulfátovanou část elektrod jednoduše oddělí od zesulfátované části. Oddělená část (zesulfátovaná) spadne a usadí se na dně akumulátoru. Tímhle postupem sice docílíme částečné obnovy kapacity a snížíme vnitřní odpor, ale kapacitu nikdy neobnovíme úplně. Oddělený aktivní materiál usazený na dně je již na dobro ztracen a nikdy se už neobnoví (olovo na desky a síra do elektrolytu). Navíc toto řešení výrazně zvyšuje pravděpodobnost zkratu článku (prostor na usazování odděleného materiálu je značně omezen a tudíž se může dostat do kontaktu se spodní hranou článku. Tohle by vedlo ke zvýšenému samovybíjení jednoho nebo více článků a následném zničení článku, což vede k celkové nepoužitelnosti akumulátoru, protože by byl ochuzen o napětí 2,1V krát počet vadných článků. Z tohoto důvodu se tento způsob eliminace sulfatace příliš nepoužívá.

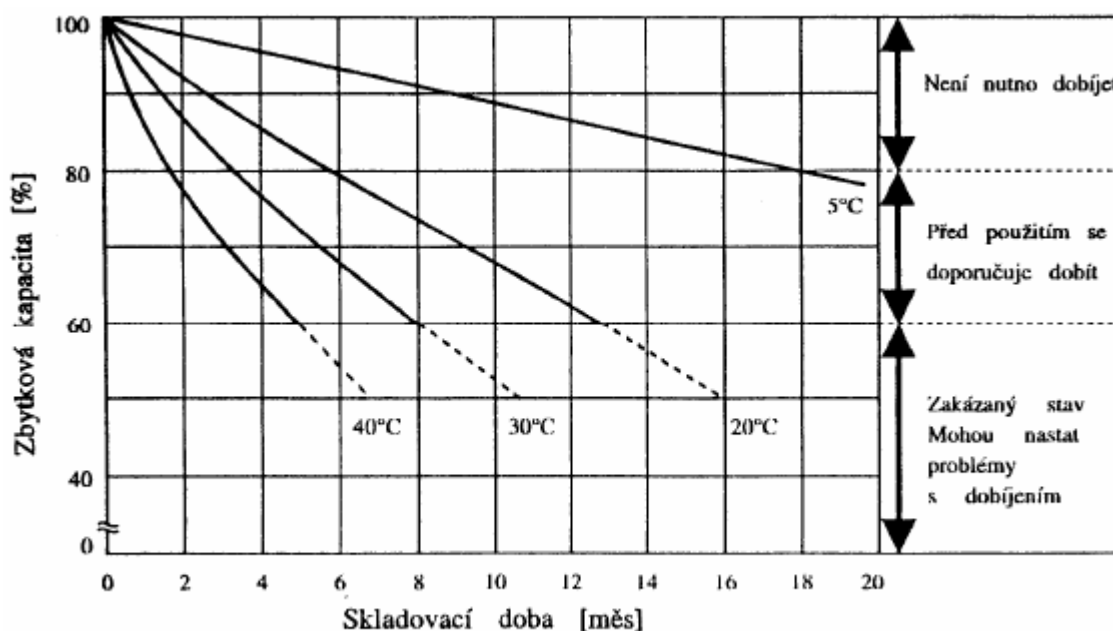
2.6.1. Prevence před výskytem sulfatace

Jako prevence před tímto nežádoucím jevem je podstatné akumulátor dobíjet, i když není zrovna v provozu. Proto se udává tzv. doplňkové nabíjení viz. Tab. 1. Doba skladování je udávána jako doba, za kterou vlivem samovybíjení poklesne kapacita na cca 60%.

Skladovací teplota:	Nabíjecí interval:
20 °C nebo nižší	Každých devět měsíců
20 - 30 °C	Každých šest měsíců
30 - 40 °C	Každé tři měsíce

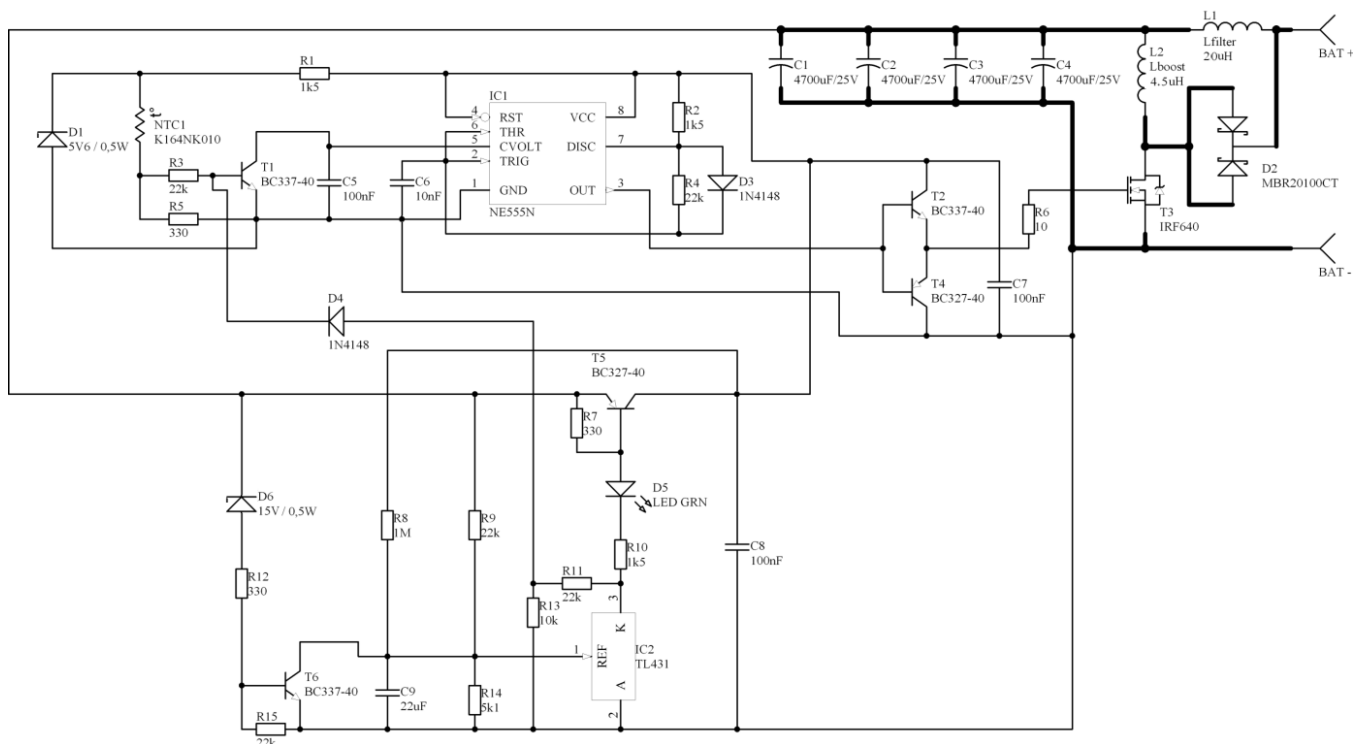
Tab. 1 : Doplnkové nabíjení

A samozřejmě i okolní teplota skladování má vliv na stav akumulátoru. Ideální podmínky dáme akumulátoru, pokud jej budeme skladovat v místnosti s okolní teplotou pohybující se okolo 5 °C, kdy i po 18 měsících není nutno akumulátor před použitím dobít. Nejhorší vliv na akumulátor mají teploty pohybující se okolo 40 °C, kdy už po pátém měsíci skladování se blížíme zakázanému stavu, po kterém mohou u akumulátoru nastat problémy.



Obr. 9 : Vliv teploty na dobu skladování

3. Výroba zařízení pro desulfataci článků olověných akumulátorů



Obr. 10 : Schéma zařízení pro desulfataci olověných akumulátorů

3.1. Funkce zařízení

Realizované zařízení funguje v podstatě tak, že při nabíjení akumulátoru do něj posíláme krátké pulzy o špičkové hodnotě 30A s frekvencí 6 kHz, které mohou rozrušit krystaly síranu olovnatého na povrchu elektrod. Tím dosáhneme odstranění síranu olovnatého z funkčních ploch elektrod. Jednoduše řečeno síran se vrací do elektrolytu a olovo na elektrody akumulátoru a díky tomuto jevu se zvyšuje také hustota elektrolytu. A tím dochází ke zvyšování kapacity a samozřejmě také životnosti.

Zařízení pracuje jako zvyšující měnič, složen z prvků L2, T3, D2. Napájení tohoto měniče tvoří dolní propust tvořena LC filtrem (L1, C1). Výkonovou část řídí časovač NE555, který je zapojen jako astabilní klopný obvod. Délka pulzu tranzistoru vychází z kombinace R2 a C6 a tím udává dobu sepnutí a tedy i sílu pulzu (cca 15μs, což zajistí námi potřebné nabití cívky L2 na proud pohybující se okolo 30A). Následně po skončení pulzu se proud začíná vybíjet přes diodu D2 do akumulátoru. Celková doba vybíjení proudu přes diodu D2 je daná kombinací R4 a C6 (desítky μs).

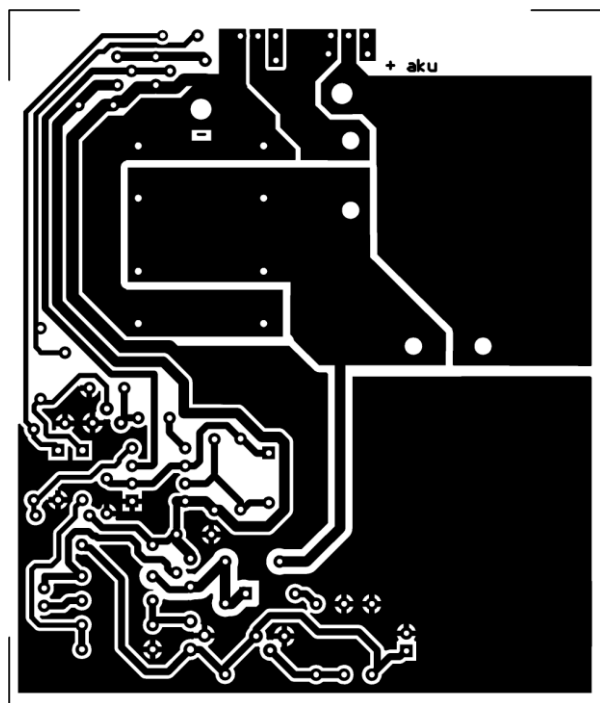
Dále je zde obvod IC2, který zajišťuje, aby nám desulfátor pracoval jen tehdy, kdy má. Jinak řečeno obvod spíná a vypíná při určité hodnotě napětí. Desulfátor nepracuje, je-li napětí menší jak 13V. To nám signalizuje slabě svítící LED dioda D5. Při překročení napětí nad 13,3V obvod sepne, LED dioda začne silně svítit a zařízení začne produkovat tón o frekvenci 6kHz.

Následně je v zařízení přepět'ová ochrana. Tu nám tvoří obvod s Tranzistorem T6 spolu s D6, R12 a R15. Tyhle prvky zajišťují vypnutí desulfátoru při překročení napětí větší jak 15,5V. Tento ochranný obvod nám předchází poškození výkonové části tvořené obvodem NE555, který vydrží jen napětí 16V.

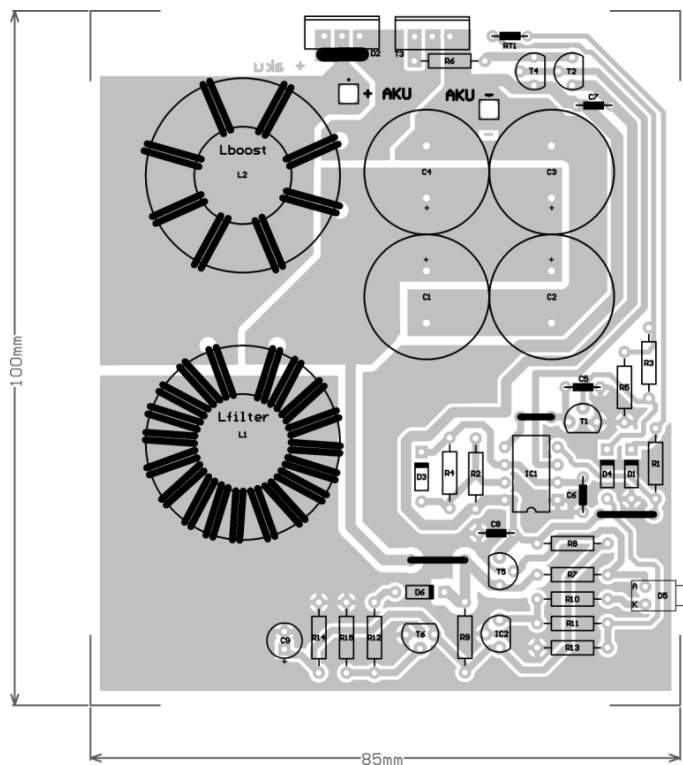
V poslední řadě je zařízení doplněno o další čistě bezpečnostní obvod NTC1. Termistor NTC1 je pro lepší spolehlivost propojen teplovodivou pastou na společný chladič s odporem 10k Ω , tranzistorem T3 a diodou D2. Princip funkce spočívá v tom, že termistor NTC1 reaguje na teplotu chladiče a jakmile teplota přesáhne 50 °C, termistor sníží odpor na 3,3 k Ω . To má za následek otevření tranzistoru T1, který sníží šířku pulzu generovaného IC1 tranzistoru T3. Ochrana je nastavená tak, aby byla teplota udržována do 55 °C.

3.2. Výroba zařízení

Při výrobě jsou všechny součástky volně dostupné jen je potřeba odpájet ze starých PC zdrojů dvě toroidní jádra typu T106-26 o vnějším průměru 27 mm. Odvineme z nich staré vynutí a namotáme nové. U cívky L1 vinutí tvoří 19 závitů (viz. Obr. 11) a u L2 8 závitů. Pro vinutí je doporučeno použít dva paralelní vodiče 2 x 1mm. Efektivní proud, v obou vinutí, je asi 15A. V situaci kdy nedisponujete žádným starým PC zdrojem, je možné jádra (T106-26) sehnat v jakékoliv firmě zabývající se elektronikou.



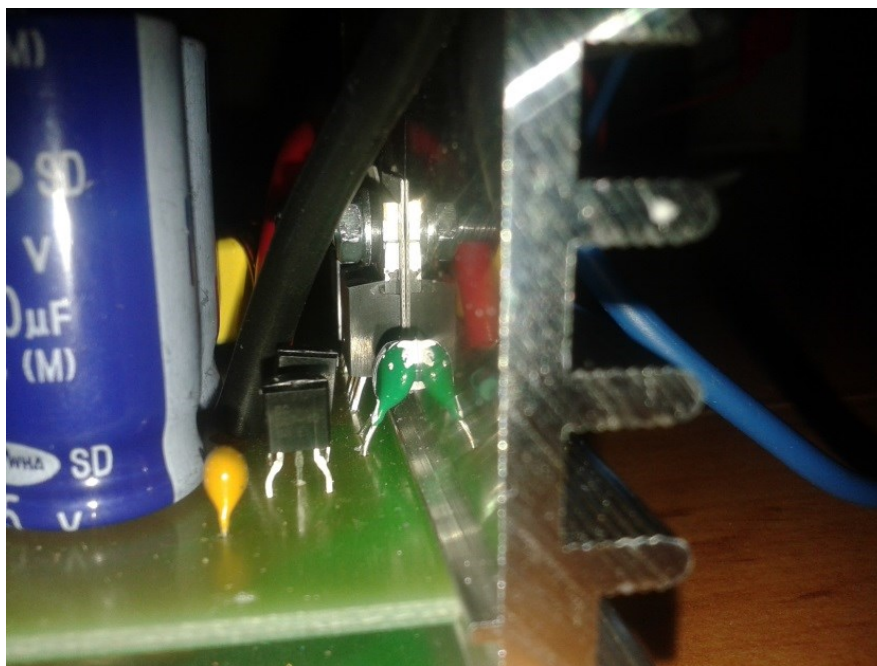
Obr. 10 : Obrazec pro vytvoření DPS



Obr. 11 : Rozmístění součástek a rozměry desky

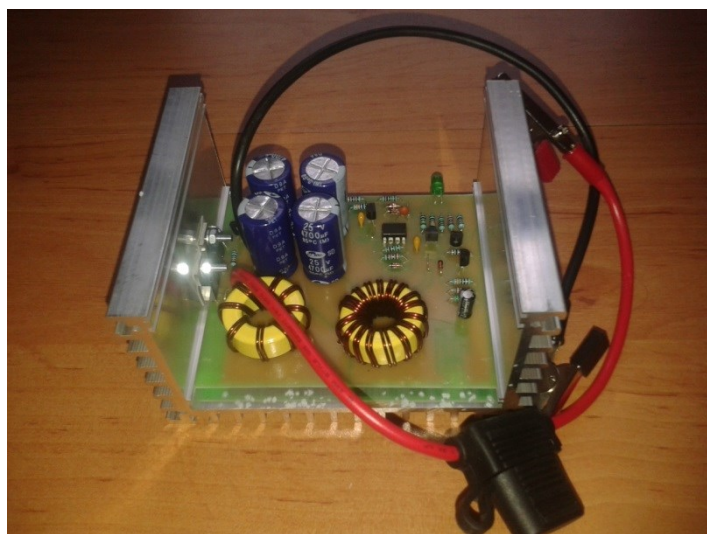
Vyhotovenou desku si provrtáme pro osazování součástek. S osazováním součástek postupujeme od nejmenších (rezistory, propojky apod.). Pak následně zapájíme pasivní součástky (cívky, tranzistory, diody) a malé tranzistory. Další na řadu přijde obvod NE555, dioda D2 a tranzistor T3 a připojíme kabely. Na kladný pól doporučuji umístit pojistkové kabelové pouzdro s pojistkou 15A. Tato ochrana slouží pro ochranu zařízení při náhodném přepólování kabelů.

Po zapájení všech komponentů je potřeba nejdříve otestovat funkčnost zařízení. Zařízení připojíme na nabitý 12V akumulátor bez přídavného zdroje. Dioda D5 by se měla slabě rozsvítit. To značí, že zařízení funguje, ale ještě není v sepnutém stavu, neboť nepřekročilo spínací napětí 13,3V. Poté zvýšíme napětí přidáním přídavného zdroje nebo nabíječky nad napětí 13,3V. V ten moment se musí rozsvítit jasně dioda D5 a měli bychom slyšet vysoký tón o frekvenci 6 kHz. Pokud se tak stane, zařízení funguje a ihned odpojujeme zařízení. Zařízení bez chladiče neprovozujeme déle než několik sekund z důvodu přehřátí některých prvků. Dále je důležité zajistit dobrý tepelný most mezi termistorem NTC1 a chladičem (použijeme teplovodivou pastu). Jediné kritérium na chladič je, že by měl mít tepelný odpor maximálně 5 °C/W. Optimální řešení jsou 3 °C/W.



Obr. 13 : Tepelný most mezi termistorem NTC1 a chladičem

Výsledná podoba zařízení je znázorněna na následujících obrázcích



Obr. 14 : výsledná podoba zařízení



Obr. 15 : výsledná podoba zařízení

4. Ověření funkčnosti zařízení a provedení měření vybíjecích charakteristik VRLA akumulátorů (4,5Ah 12V; 12Ah – 12V)

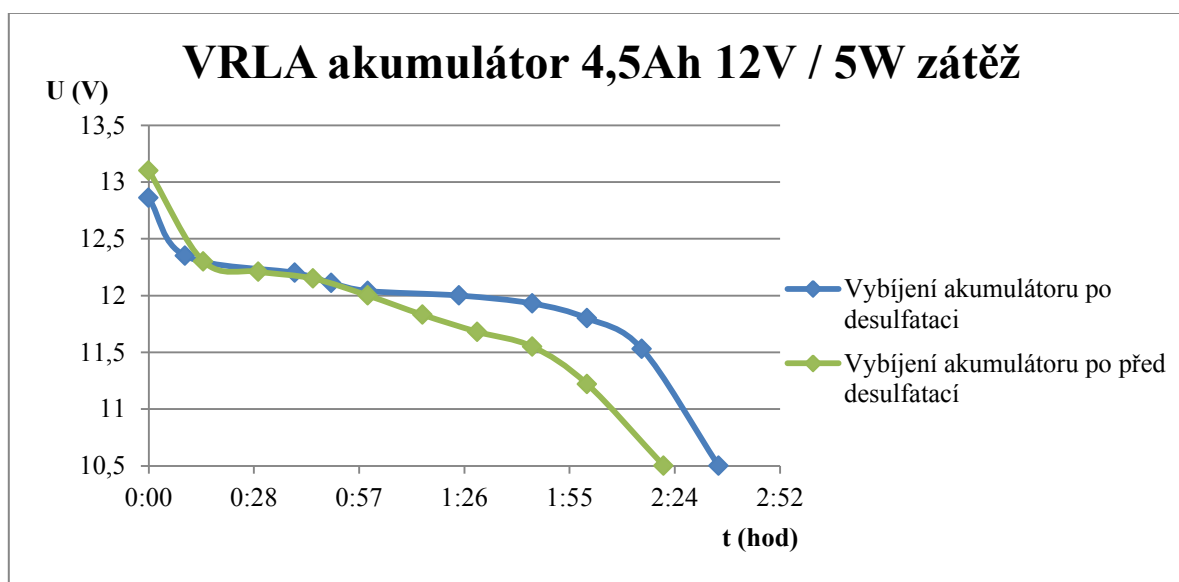


Obr. 16. : VRLA akumulátor 4,5Ah 12V

4.1. Akumulátor VRLA 4,5Ah 12V

Pro dostatečné ověření funkce zařízení jsem provedl dvojí test desulfátoru. První test je při rozepnutém stavu, kdy hodnota svorkového napětí na akumulátoru je 13V. A druhý test je při sepnutém stavu, kdy svorkové napětí akumulátoru je udržováno na 14V.

4.1.1. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 13V



Obr. 17. : Graf vybíjení VRLA akumulátoru 4,5Ah 12V / 5W zátěží

Pro začátek tohoto testu jsem pro správnost údajů akumulátor nejprve vybil zátěží 5W a následně znovu nabil. Pak už následovala jedno denní odstávka pro správnost měření a následně poté už pokračoval samotný test, který nám má poukázat na to, že desulfátor pod napětí 13,3V nepracuje

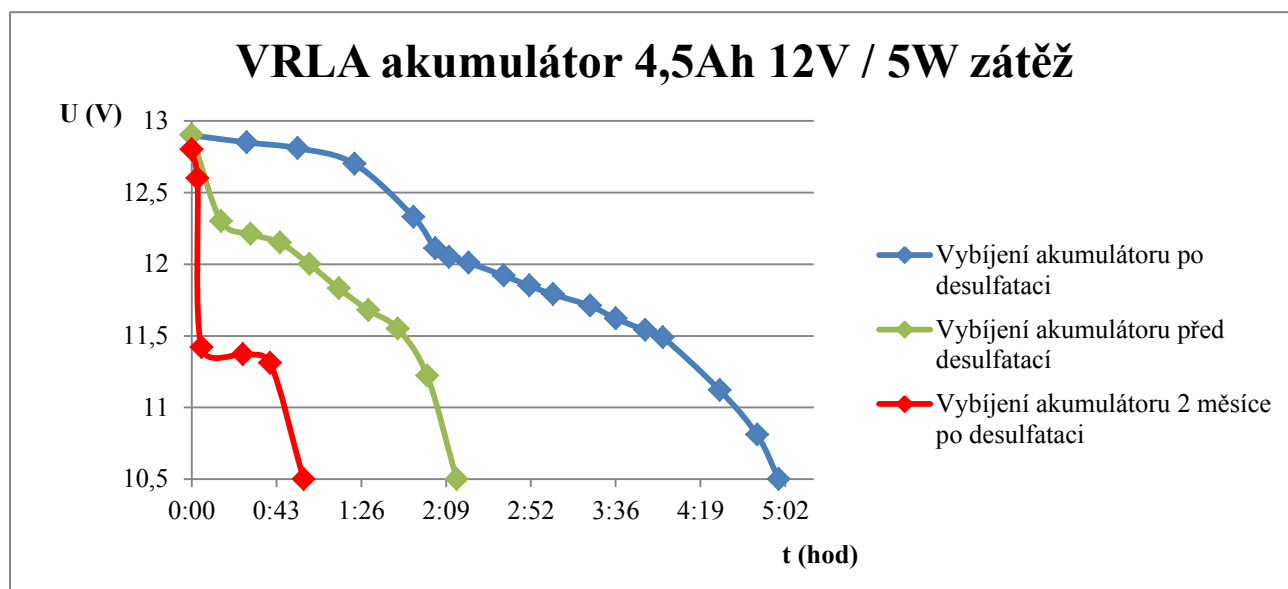
efektivně. Akumulátor byl vybitý konstantní zátěží 5W. Vybíjecí čas po dosažení 10,5V byl 2 hodiny a 21 minut a ihned byl zahájen proces nabíjení s desulfátorem. Svorkové napětí akumulátoru bylo na hodnotě 13V, které nám držel stabilizovaný zdroj. Doba desulfatace byla 5 dní. Okamžitě následovala jedno denní odstávka pro ustálení akumulátoru. Po 24 hodinách následovalo další vybití až na hodnotu nejhlubšího vybití na hodnotu 10,5V a čas vybití byl 2 hodiny a 36 minut, což značí nepatrné až zanedbatelné prodloužení doby vybití.

Výsledek tohoto testu dopadl podle očekávání. Doba vybití se nám nepatrně prodloužila, ale to je dáno mnoha možnými okolními aspekty. Hlavní aspekty tohoto jevu jsou okolní podmínky při vybití, stav zátěže, chemické reakce při nabíjení, způsob nabíjení a jiné.

VRLA akumulátor 4,5Ah 12V		
Stav	Doba	Poznámka
Vybití	2h 21min	
Nabití		s desulfatací pod 13V
Vybití	2h 36min	

Tab. 2: Shrnutí pokusů na akumulátoru

4.1.2. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 14V



Obr. 18. : Graf vybití VRLA akumulátoru 4,5Ah 12V / 5W zátěží

VRLA akumulátor jsem pro začátek testu vybil 5W zátěží na 10,5V, což je nejhlubší možné povolené vybití akumulátoru aniž bychom nějak razantně nezkracovali životnost akumulátor. Doba vybíjení byla 2 hodiny a 30 minut. Ihned poté jsem akumulátor nabíjel. Svorkové napětí jsem udržoval stabilizovaným zdrojem na 14 V. Dobu nabíjení jsem stanovil na 24 hodin a následně poté jsem akumulátor nechal dalších 24 hodin uskladněný v místnosti s okolní teplotou 22 °C. Následně poté jsem opakovat vybíjení akumulátoru opět s 5 W zátěží. Doba vybíjení se nám nikterak razantně nezměnila a dosahovala času 2 hodin a 15 minut. V dalším kroku jsem akumulátor nabíjel, ale tentokrát jsem zapojil k akumulátoru zařízení na desulfataci olověných akumulátorů. Zařízení nám sepnulo při dosažení svorkového napětí nad 13,3 V, což nám signalizoval vysoký tón o frekvenci 6 kHz. Stabilizovaným zdrojem jsem udržoval svorkové napětí na 14 V. Dobu desulfatace jsem určil na 6 dní. Záleží na stavu akumulátor, což znamená čím vyšší míra sulfatace, tím delší by měla být doba desulfatace. Následně jsem akumulátor nechal v klidovém stavu uskladněný na 24 hodin v místnosti s okolní teplotou 22 °C. Pak už následoval další test vybíjení, který nám ověřil funkci zařízení, kdy se nám prodloužila doba vybíjení stejnou zátěží na téměř 5 hodin. Akumulátor jsem znovu nabil a na dva měsíce uskladnil v místnosti s pokojovou teplotou pohybující se kolem 22 °C. Test jsem pro kontrolu po dvou měsících opakovat znovu. Tudíž jsem akumulátor nejdřív vybil a následně hned na to nabil. Následovala jedno denní odstávka a pak už probíhal samotný vybíjecí test. Výsledky byly razantně rozdílné. Doba vybíjení se nám zkrátila na 57 minut.

Tudíž výsledky prodloužení doby vybíjení byli značně krátkodobého charakteru a vypadá, že akumulátor je v hluboce sulfatovaném stavu.

VRLA akumulátor 4,5Ah 12V / zátěž 5W		
Stav	Doba	Poznámka
Vybití	2h 30min	
Nabití		
Vybití	2h 15min	
Nabití		s desulfatací
Vybití	4h 59min	
Nabití		Uskladnění v nabitém stavu
Vybití	57min	2 měsíce po desulfataci

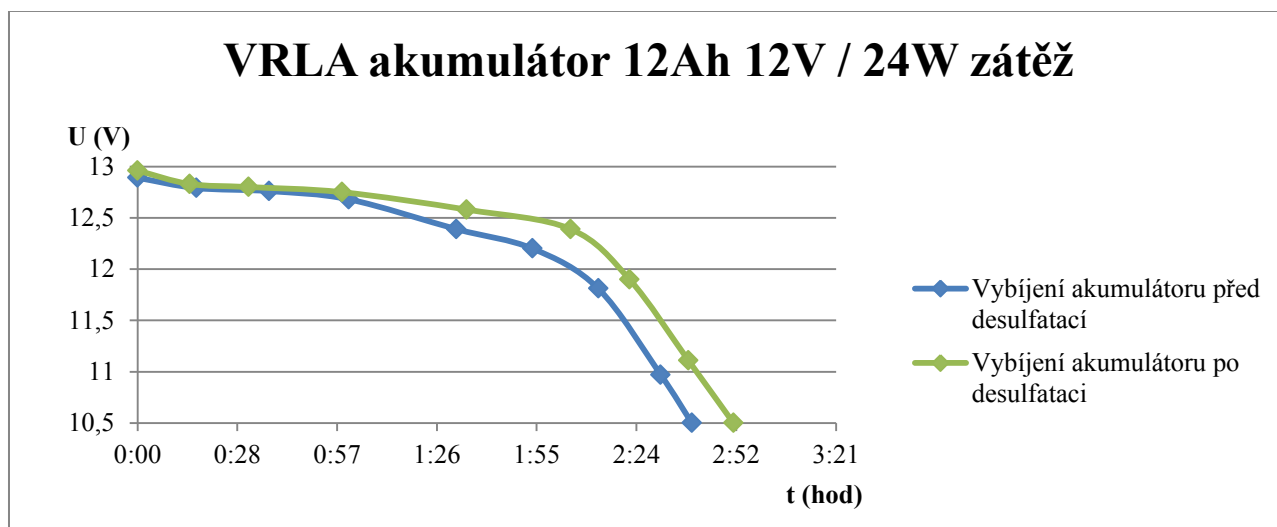
Tab. 3: Shrnutí pokusů na akumulátoru

4.2. Akumulátor VRLA 12Ah 12V



Obr. 19. : VRLA akumulátor 12Ah 12V

4.2.1. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 13V



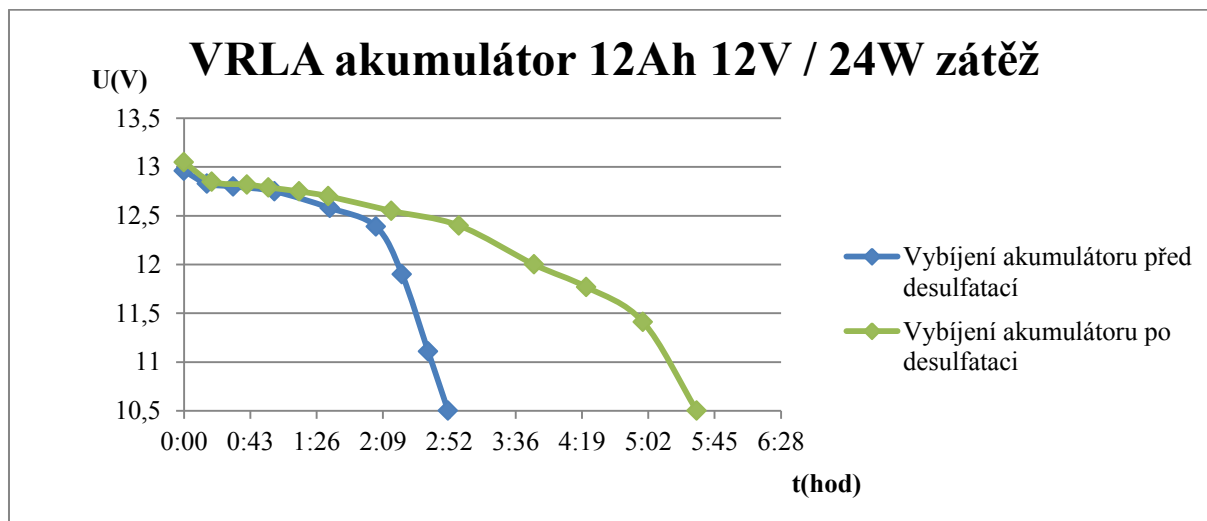
Obr. 20. : Graf vybíjení VRLA akumulátoru 12Ah 12V / 24W zátěží

Pro začátek testu následovalo opět pro správnost měření nejdříve vybití akumulátoru na stav hlubokého vybití 10,5V a následně ihned nabití. Akumulátor byl 24 hodin uskladněn pro správnost měření a pak už následoval test vybíjení 24W zátěží až na hodnotu hlubokého vybití 10,5V. Doba vybíjení byla 2 hodiny a 40 minut. Nezbytně na to bylo potřeba akumulátor nabít s desulfátorem s udržovaným svorkovým napětím 13V. Doba desulfatace byla stanovena na 5 dní. Akumulátor byl po

nabití na 24 hodin uskladněn pro správnost měření. Následovalo další vybití zátěží 24W. Doba vybití byla 2 hodiny a 52 minut.

Výsledky tohoto měření nám jen nepatrně prodloužily dobu vybití, což značí že desulfátor opět nepracoval efektivně.

4.2.2. Desulfatace akumulátoru s udržovanou hodnotou svorkového napětí 14V



Obr. 21. : Graf vybití VRLA akumulátoru 12Ah 12V / 24W zátěží

Pro tento test bylo opět zapotřebí akumulátor vybit a následně znovu nabít s následnou jedno denní odstávkou. Pak už probíhal samotný test. Zapojil jsem na akumulátor 24W zátěž a vybíjel jsem až na hodnotu značící hluboké vybití akumulátoru 10,5V. Vybití trvalo 2 hodiny 52minut. Poté bylo zapotřebí ihned akumulátor nabít, abychom zbytečně nesnižovali životnost akumulátoru dlouhodobým stavem hlubokého vybití, což nám přispívá k sulfataci. Připojil jsem na akumulátor desulfátor a stabilizovaný zdroj. Svorkové napětí akumulátoru jsem držel na 14V a nabíjení probíhalo 5 dní. Ihned na to následovala jedno denní odstávka pro ustálení akumulátoru. Následné vybití nám značně prodloužilo dobu vybití na 5 hodin 34 minut.

VRLA akumulátor 12Ah 12V / zátěž 24W		
Stav	Doba	Poznámka
Vybití	2h 40min	
Nabití		
Vybití	2h 52min	
Nabití		s desulfatací
Vybití	5h 34min	

Tab. 4: Shrnutí pokusů na akumulátor

5. Závěr

Cílem práce bylo realizování a ověření funkčnosti zařízení a desulfataci olověných akumulátorů. Pro ověření funkčnosti jsem provedl několik testů.

První test s udržovaným svorkovým napětím 13V potvrdil, že desulfátor pod napětí 13,3V pracuje neefektivně. Tudíž vybíjecí doba akumulátoru stejnou zátěží jak před tak i po desulfataci se nikterak nelišil. To se potvrdilo i u druhého testovaného akumulátoru, kde výsledky byly totožné.

Druhý test jsem prováděl s udržovaným svorkovým napětí 14V. Po desulfataci akumulátorů se razantně prodloužila vybíjecí doba, což se jeví jako úspěšná desulfatace a oživení poškozených a značně zesulfatovaných akumulátorů. Na prvním akumulátoru (VRLA 4,5Ah 12V) jsem po dvou měsících provedl kontrolní měření k ověření výsledků. Vybíjecí doba byla drasticky snížena oproti předchozím výsledkům. Akumulátor se zdá být značně zesulfatovaný a poškozený pro další využití.

Ověření funkčnosti zařízení splnilo funkci jen, co se týče dlouhodobějších výsledků a udržení akumulátoru v provozuschopném stavu se nepotvrdilo. Pro tuhle skutečnost bude potřeba udělat několik dalších testů, aby se akumulátor udržel v delším časovém intervalu v desulfatovaném stavu.

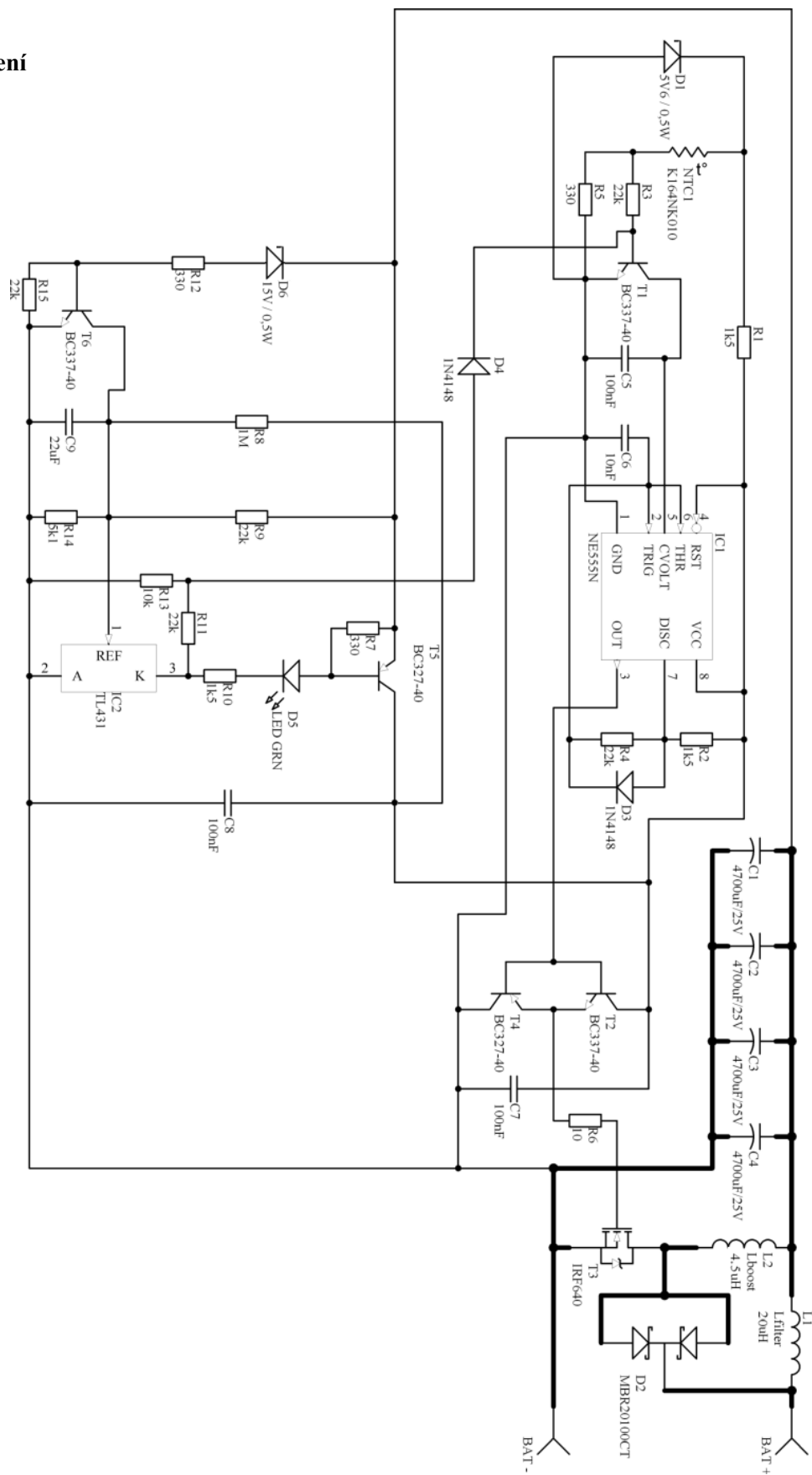
6. Literatura

- [1] HAMMERBAUER, Jiří. Elektronické napájecí zdroje a akumulátory. Plzeň: Západočeská univerzita, 1996. 181 s.
- [2] CENEK, Miroslav a kol. Akumulátory a baterie. Praha: STRO.M, 1996. 149 s. Knižnice Elektro, svazek 30.
- [3] Mypower: Desulfator [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://wiki.mypower.cz/desulfator>>
- [4] Mypower : Desulfatace [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://wiki.mypower.cz/desulfatace>>
- [5] Motola: Skoro vše o akumulátorech a nabíjení [online]. 2008 [cit. 2008-12-20]. Dostupný z WWW: <http://www.motola.cz/UserFiles/Diskuzni_clanky/akumulatory.pdf>
- [6] VLASÁK, Zdeněk. Olověné automobilové akumulátory [online]. 2002 [cit. 2002-09-29]. Dostupný z WWW: <http://www.zvlasak.net/baterie_s.pdf>
- [7] Jak se starat o naše akumulátory? [online]. 2003 [cit. 2009-12-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.airsoftguns.cz/article.php?&id=74>>
- [8] Wikipedie: Sulfatace [online]. 2013 [cit. 2013-05-18], Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfatace>>

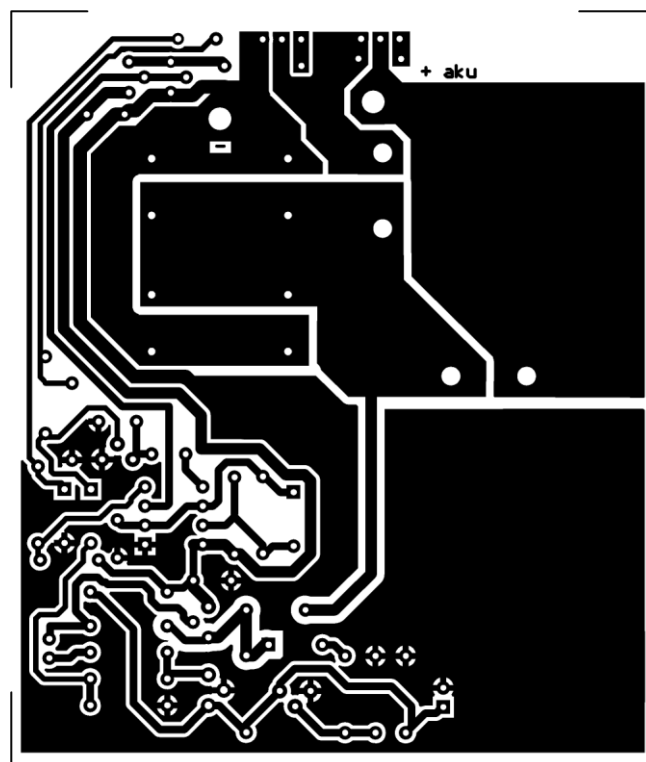
7. Seznam příloh

A. Schéma zařízení.....	23
B. Deska plošného spoje	24
C. Osazovací plán	25
D. Seznam součástí.....	26

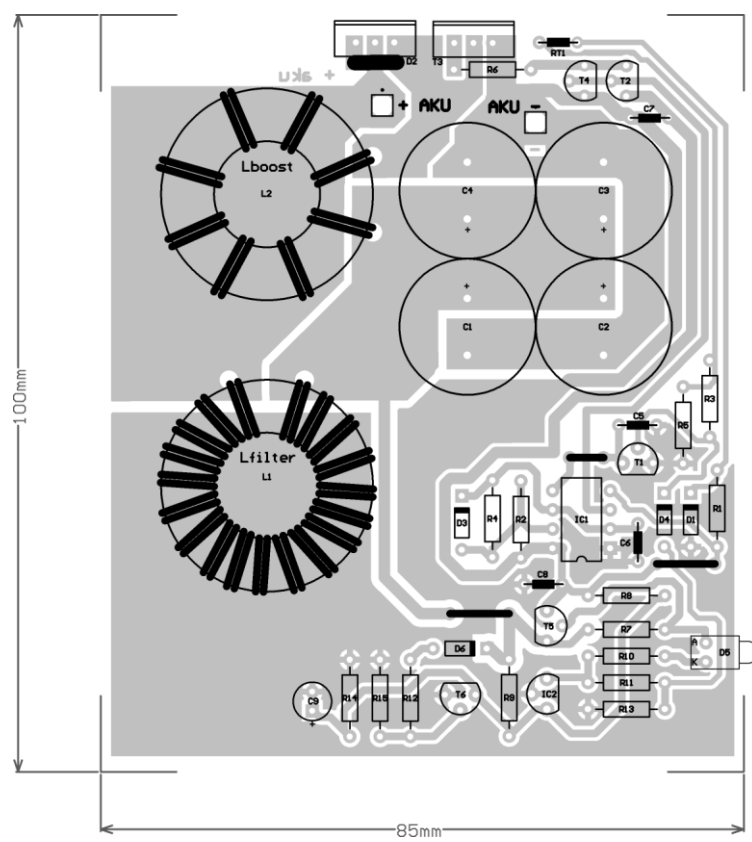
A. Schéma zařízení



B. Deska plošného spoje



C. Osazovací plán



D. Seznam součástek

Součástka	Typ/hodnota	Množství
C1, C2, C3, C4	4700 μ F/25V	4
C5, C7, C8	100nF	3
C6	10nF	1
C9	22 μ F	1
L1	20 μ H	1
L2	4,5 μ H	1
R1, R2, R10	1k5 Ω	3
R3, R4, R9, R11, R15	22k Ω	5
R5, R7, R12	330 Ω	3
R6	10 Ω	1
R8	1M Ω	1
R13	10k Ω	1
R14	5k1 Ω	1
D1	Zener 5V6/0,5W	1
D2	MBR20100CT	1
D3, D4	1N4148	2
D5	LED Zelená	1
D6	Zener 15V/0,5W	1
IC1	NE555N	1
IC2	TL431	1
NTC1	K164NK010	1
T1, T2, T6	BC337-40	3
T3	IRF640N	1
T4, T5	BC327-40	2